

**А. В. Бусарев, Л. Р. Хисамеева, Е. С. Кручинина,
Е. Ю. Ермилова, А. С. Зиганшина**

ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ГИДРОЦИКЛОННО-ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

Ключевые слова: методы очистки сточных вод, производственные сточные воды, заводы железобетонных изделий, сверхскорый фильтр, гидроциклонно – фильтровальная станция.

При работе предприятий железобетонных изделий (ЖБИ) формируются промышленные стоки, загрязненные главным образом взвесью. Объем промышленных сточных вод предприятий ЖБИ достигает 100 – 300 л на 1 м³ выработанной продукции. В работе приводится предлагаемая технологическая схема очистки стоков предприятий ЖБИ от взвешенных веществ на основе гидроциклонно-фильтровальной станции. Целью работы являлось изучение работоспособности гидроциклонно-фильтровальной станции и определения ее технологических характеристик при очистке сточных вод предприятий ЖБИ от взвешенных веществ. В работе приводятся результаты исследований технологической установки, разработанной сотрудниками КГАСУ, с различными типами гидроциклонных аппаратов диаметрами 75, 80 и 100 мм. Показаны результаты изменения параметров технологического процесса работы гидроциклонно – фильтровальной станции в зависимости от вида гидроциклона. В работе приведены результаты, освещающие специфические вопросы использования гидроциклонно-фильтровальной станции для обработки сточных вод от взвешенных веществ. Использование для очистки стоков от взвешенных веществ автоматизированной сверхскоростной фильтровальной станции (АСФС) увеличивает производительность установки очистки при снижении ее габаритных размеров по сравнению со схемой очистки «гидроциклон – скорый фильтр». Рекомендованы к использованию напорные гидроциклоны диаметром 80 мм, т. к. их эффективная работа обеспечивается при более низких энергозатратах. Согласно полученным данным эффективность очистки в гидроциклонно – фильтровальной станции составила 85 – 94 %. Давление на входе в напорные гидроциклоны должно быть в пределах 0,4 МПа, а противодействие на сливах этих аппаратов – не менее 0,2 МПа. Таким образом, в статье показана эффективность установки по очистке сточных вод предприятий ЖБИ, разработанная на базе КГАСУ.

**A. V. Busarev, L. R. Khisameeva, E. S. Kruchinina,
E. Yu. Ermilova, A. S. Ziganshina**

TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER FROM REINFORCED CONCRETE PRODUCTION PLANTS IN A HYDROCYCLONE FILTRATION STATION

Keywords: wastewater treatment methods, industrial wastewater, reinforced concrete plants, ultra-fast filter, hydrocyclone filtration station.

The operation of reinforced concrete product (RCP) plants generates industrial effluents contaminated mainly with suspended solids. The volume of industrial wastewater from RCP plants reaches 100–300 litres per 1 m³ of manufactured products. The paper presents a proposed technological scheme for the treatment of suspended solids from RCP plants based on a hydrocyclone-filter station. The aim of the work was to study the performance of the hydrocyclone-filter station and determine its technological characteristics in the treatment of suspended solids from reinforced concrete plants. The paper presents the results of studies of a technological installation developed by KSUACE employees with various types of hydrocyclone devices with diameters of 75, 80 and 100 mm. The results of changes in the parameters of the technological process of the hydrocyclone-filter station depending on the type of hydrocyclone are shown. The paper presents results highlighting specific issues related to the use of a hydrocyclone-filter station for treating wastewater from suspended solids. The use of an automated ultra-high-speed filtration station (ASFS) for the treatment of suspended solids in wastewater increases the productivity of the treatment plant while reducing its overall dimensions compared to the 'hydrocyclone-rapid filter' treatment scheme. Pressure hydrocyclones with a diameter of 80 mm are recommended for use, as they operate efficiently at lower energy consumption. According to the data obtained, the treatment efficiency in the hydrocyclone-filter station was 85–94%. The pressure at the inlet to the pressure hydrocyclones should be within 0.4 MPa, and the back pressure at the drains of these devices should be at least 0.2 MPa. Thus, the article demonstrates the efficiency of a wastewater treatment plant for reinforced concrete plants developed on the basis of KSUACE.

Введение

В результате производственного процесса на заводах, производящих железобетонные изделия (ЖБИ) образуются промышленные стоки, с большим содержанием взвешенных веществ: песка, глины, мелкого щебня [1].

Содержание взвешенных веществ в таких стоках составляет 3000 – 12000 мг/л [1,2]. Объем промышленных сточных вод предприятий ЖБИ

достигает 100 – 300 л на 1 м³ выработанной продукции [2].

Если содержание взвеси в очищенных стоках заводов ЖБИ не превышает 50 мг/л, такие стоки могут быть использованы повторно для технологических целей оборотного водоснабжения. Если содержание взвеси в очищенных стоках не более 0,005 г/л их разрешено отводить в канализационные сети населенных пунктов.

В связи с достаточным объемом сточных вод и большим содержанием в них взвешенных веществ на предприятиях ЖБИ применяются механические способы очистки стоков, как наиболее эффективные, простые и обладающие меньшими затратами на обслуживание оборудования.

К механическим методам, удовлетворяющим потребностям в очистке стоков ЖБИ, стоит отнести отстаивание и фильтрацию.

При механической обработке стоков предприятий ЖБИ используются тангенциальные и горизонтальные песколовки для отделения от сточной воды наиболее крупных фракций [3-5]. Для отделения крупных частиц песка можно применить горизонтальные песколовки с ложным днищем, эффективность работы которых достигает 30 % [3].

Методом отстаивания производственные стоки заводов ЖБИ обрабатываются в горизонтальных и вертикальных отстойниках, в которых устанавливаются полочные блоки [2,5].

Очистка промышленных стоков предприятий ЖБИ от взвешенных веществ методом фильтрования осуществляется в скорых или сверхскорых фильтрах с зернистой загрузкой, которые работают в напорном или самотечном режимах [1,2,4,5].

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) на основе опыта исследований по очистке сточных вод от взвеси в напорных цилиндрикоконических гидроциклонах [1,6,7] было установлено и экспериментально доказано, что под действием центробежных сил происходит отделение взвешенных веществ от сточной воды, благодаря использованию напорных гидроциклонов с тангенциальным вводом стоков в них. Взвешенные вещества удаляются через нижний слив гидроциклонов, а очищенные стоки – через верхний слив. Достижимый при этом эффект отделения взвеси от сточной воды не превышает 65 % [1,6,7].

За границей для обработки промышленных стоков предприятий ЖБИ применяют камерные или рамные фильтр-прессы [4].

Материалы и методы

В работе [4] предлагается отделение внутренней фазы суспензий, которыми являются промышленные сточные воды комбинатов ЖБИ, на рециклинговых установках с вращающимися барабанами. При этом отделенные стоки, а также обезвоженные твердые фракции используются при формировании бетонной смеси. В качестве физико-химической очистки промышленных стоков предприятий ЖБИ применяются коагуляция и ультрафильтрация [1,2,5]. Коагуляция интенсифицирует механическую очистку данных стоков при смешивании с ними водных растворов солей алюминия или железа. При добавлении к стокам этих реагентов происходит укрупнение частиц внутренней фазы суспензий [1,2,5].

Процесс ультрафильтрации представляет собой частный случай обратного осмоса. Под действием избыточного давления сточная вода фильтруется через полупроницаемую полимерную или

керамическую мембрану, изготовленную в форме трубки.

Вода проходит через поры мембраны, а взвешенные частицы нет, т.е. образуется два потока: сильно загрязненные взвесью стоки (пермиат) и очищенная вода (фильтрат). Чтобы повысить производительность таких установок, несколько мембран соединяют в общий блок (разделитель) [1,8].

На основании многолетних исследований, посвященных очистке промышленных сточных вод в КГАСУ разработана технология, представленная на рис. 1 и предназначенная для очистки стоков от взвешенных веществ.

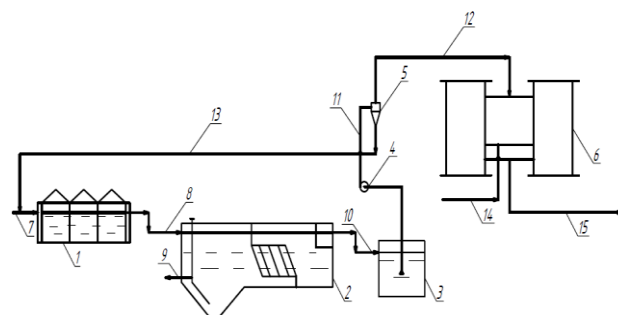


Рис. 1 – Принципиальная схема модели установки для очистки стоков заводов ЖБИ от взвешенных веществ: 1 - горизонтальная песколовка с ложным днищем, 2 - горизонтальный самотечный полочный отстойник, 3 - промежуточный резервуар, 4 - насос, гидроциклонно-фильтровальная станция, соединительные линии и запорная арматура

Fig. 1 – Schematic diagram of the model installation for cleaning reinforced concrete plant effluents from suspended solids: 1 – horizontal sand trap with false bottom, 2 – horizontal gravity-fed shelf clarifier, 3 – intermediate tank, 4 – pump, hydrocyclone filter station, connecting lines and shut-off valves

Станция гидроциклонно-фильтровальная включает в себя гидроциклон 5 и элементарные напорные гидроциклоны, разработанные на базе КГАСУ, а также автоматизированной сверхскоростной фильтровальной станции (АСФС), включающей в себя напорные сверхскорые фильтры 6 с загрузкой из кварцевого песка.

Стоки самотеком поступают по трубопроводу 7 в горизонтальную песколовку 1, где от производственных стоков отделяется наиболее крупная взвесь. Внутри песколовки 1 располагаются резервуары с перфорированными стенками, в них и происходит осаждение частиц песка. Периодически песколовка 1 опорожняется, с помощью грузоподъемного механизма резервуары извлекаются из песколовки, песок из них выгружается на специализированную площадку, сушится, а затем утилизируется [1,3]. По трубопроводу 8 очищенные производственные стоки поступают в горизонтальный отстойник 2, откуда образовавшийся осадок взвешенных веществ под

гидростатическим давлением отводится по трубопроводу 9 на песковые площадки.

Затем происходит накопление сточных вод в резервуаре 3, куда они поступают по линии 10, и насосом 4 подаются на очистку в напорные гидроциклоны 5 по трубопроводу 11. Доочистка стоков верхнего слива с гидроциклонов 5 под избыточным давлением по линии 12 поступает в блок АСФС. В то время, как стоки с нижнего слива гидроциклонов 5 по линии 13 под избыточным давлением отводится начало установки.

Сверхскорый фильтр регенерируется фильтратом, который в автоматическом режиме подается с работающих сверхскорых аппаратов, входящих в состав АСФС. Поскольку осуществляется водовоздушная промывка сверхскорых фильтров в АСФС по воздухопроводу 14 подается сжатый воздух. Очищенные промышленные стоки заводов ЖБИ под остаточным давлением отводятся от АСФС по трубопроводу 15. Благодаря применению данной технологической схемы, содержание взвеси в производственных стоках уменьшается с 3000 мг/л до 5-7 мг/л.

В качестве исходной точки для разработки описанной выше технологической схемы принята экспериментальная модель гидроциклонно-фильтровальной станции по очистке стоков от взвешенных веществ, разработка которой производилась на кафедре Водоснабжения и водоотведения Казанского государственного архитектурно-строительного университета (рис. 2). Оценивалась работоспособность данной установки, а также изучались ее технологические характеристики и эффективность применения для очистки стоков от взвеси.

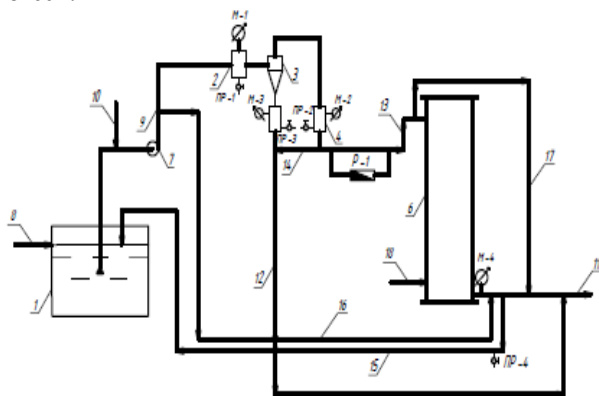


Рис. 2 – Принципиальная схема экспериментальной установки на основе гидроциклонно-фильтровальной станции: 1 – емкость, 2 – успокоительный резервуар, 3 – сменный напорный гидроциклон, 4 – резервуар верхнего слива, 5 – резервуар нижнего слива, 6 – модель сверхскорого фильтра, 7 – насос

Fig. 2 – Schematic diagram of the experimental setup based on a hydrocyclone-filter station: 1 – tank, 2 – settling tank, 3 – replaceable pressure hydrocyclone, 4 – upper drain tank, 5 – lower drain tank, 6 – ultra-fast filter model, 7 – pump

В таблице 1 представлены геометрические размеры принятых для экспериментов гидроциклонов.

Таблица 1 – Таблица параметров напорных гидроциклонов

Table 1 – Table of parameters for pressure hydrocyclones

Марка гидроциклона	Диаметр, мм				Высота цилиндрической	Общая высота гидроциклона, мм	Угол конусности, град
	гидроциклона	верхнего слива	нижнего слива	входного			
ГЦ – 75	75	20	10	5	75	790	5
ГЦ – 80	80	20	10	5	80	805	
ГЦ – 100	100	20	10	5	100	1235	

В качестве успокоительного резервуара принята цилиндрическая камера вместимостью до 8 л. Главное ее назначение заключается в стабилизации сточных вод. Измерения давления стоков на входе в гидроциклоны производится манометром М-1, для отбора проб предусматривается пробоотборник ПР – 1.

В качестве напорных резервуаров верхнего 4 и нижнего слива также выбраны цилиндрические емкости, объемом 5 л. Они также служат для создания противодавления на сливах напорных гидроциклонов и оборудованные пробоотборниками ПР – 2 и ПР – 3 и манометрами М – 2 и М – 3. Для взятия проб с верхнего слива гидроциклонов предусмотрен пробоотборник ПР – 2, а с нижнего слива – пробоотборник ПР – 3.

Вода питьевого качества подается в емкость 1 по линии 8. Модельная суспензия подается насосом 7 по трубопроводу 9 в напорные гидроциклоны. Для создания модельной суспензии во всасывающую линию насоса 7 по трубопроводу 10 подаются взвешенные вещества, загрязняющие водопроводную воду.

Расходомер Р – 1 показывает начальную скорость фильтрования, которая образуется в сверхскором фильтре. Лишняя вода поступает по линии 14 в производственную канализацию.

Стоки с нижнего слива гидроциклонов под избыточным давлением по линии 12 поступают в канализационные сети. Стоки верхнего слива гидроциклонов по линии 13 под избыточным давлением поступают в сверхскорый фильтр 6, имеющий схему загрузки, аналогичную сверхскорому аппарату, используемому на практике в реальных условиях.

Очищенная в модели сверхскорого аппарата вода под остаточным давлением по трубопроводу 15 возвращается в емкость 1. Потери напора в фильтре

6 определяются с помощью установленного на линии 15 манометра М – 4, а пробоотборник ПР – 4 служит для отбора проб очищенных стоков.

Сточные воды по трубопроводу 11 поступают в производственную канализацию.

Сверхскорый фильтр промывается водой из водопровода, находящейся в емкости 1 с помощью нагнетательного насоса 7 по трубопроводу 16. Оработанная вода после промывки отводится под остаточным напором в сеть производственной канализации 11. Регенерация загрузки сверхскорого аппарата 6 производится с помощью подачи сжатого воздуха по линии 18.

Температура воды измеряется показывающим термометром (цена деления равна 0,1 °С).

Определение содержания взвеси в пробе производилось взвешиванием с помощью весового метода [9].

Эффект очистки воды в гидроциклоне Э, % составляет [10]:

$$\text{Э} = \frac{C_{\text{в.в}} - C_{\text{в.сл}}}{C_{\text{в.в}}} \cdot 100 \quad (1)$$

где $C_{\text{в.в}}$ – концентрация взвеси в производственных стоках, поступающих на очистку, мг/л; $C_{\text{в.сл}}$ –

концентрация взвеси в стоках с верхнего слива гидроциклонов, мг/л.

Эффективность работы гидроциклонно – фильтровальной станции Эст, %, составляет [10]:

$$\text{Э}_{\text{ст}} = \frac{C_{\text{в.в}} - C_{\text{в.в}}^{\text{оч}}}{C_{\text{в.в}}} \cdot 100 \quad (2)$$

где $C_{\text{в.в}}^{\text{оч}}$ – содержание взвеси в воде на выходе из сверхскорого фильтра, мг/л.

Результаты

Для экспериментальных исследований были приняты гидроциклоны диаметром 75, 80 и 100 мм, результаты опытов представлены в таблицах 2-4 соответственно.

Из таблицы 2 видно, что для гидроциклона диаметром 75 мм при начальной скорости фильтрации 25 м/ч при давлении на входе в гидроциклон 0,4 МПа эффективность очистки составила 61-67 %, при давлении 0,5 МПа – 59-63 %, при давлении 0,6 МПа – 61-62 %. Концентрация взвеси в исходной воде составляла 71-78 мг/л, а в очищенной уменьшалась до 7-8 мг/л.

Таблица 2 – Результаты опытов для гидроциклона ГЦ-75

Table 2 – Results of experiments for the HC-75 hydrocyclone

Температура сточной воды, °С	19,6		19,9		20,1	
Начальная скорость фильтрования, м/ч	25					
Давление:						
1. на входе в гидроциклон	0,4		0,5		0,6	
2. на сливах гидроциклона	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
3. на выходе из сверхскорого фильтра	0,1	0,18	0,09	0,19	0,11	0,2
Концентрация взвеси, мг/л:						
1. в исходной воде	77	73	74	78	71	72
2. на верхнем сливе гидроциклона	36	37	32	36	34	36
3. на нижнем сливе гидроциклона	162	148	151	169	155	146
4. в очищенной воде	7	8	7	7	7	8
Э, %	53	49	57	54	52	50
Э _{ст} , %	91	89	90	91	90	89

Из таблицы 3 видно, что для гидроциклона диаметром 100 мм при начальной скорости фильтрации 25 м/ч при давлении на входе в гидроциклон 0,4 МПа эффективность очистки составила 61-63 %, при давлении 0,5 МПа – 62-65 %, при давлении 0,6 МПа – 65-68 %. Концентрация взвеси в исходной воде составляла 71-80 мг/л, а в очищенной уменьшалась до 7-11 мг/л.

Из таблицы 4 видно, что для гидроциклона диаметром 100 мм при начальной скорости фильтрации 25 м/ч при давлении на входе в гидроциклон 0,4 МПа эффективность очистки составила 61-62 %, при давлении 0,5 МПа – 63-67 %, при давлении 0,6 МПа – 59-62 %. Концентрация взвеси в исходной воде составляла 70-81 мг/л, а в очищенной уменьшалась до 5-9 мг/л.

Анализируя результаты опытов, из таблиц 2-4 можно сделать следующие общие выводы:

а) начальная температура стоков находилась в пределах +20±4 °С;

б) концентрация взвеси в стоках верхнего слива гидроциклонов не превышала 145 – 172 мг/л;

в) содержание взвеси в стоках, поступающих на очистку в гидроциклонно – фильтровальную станцию достигает 70 – 81 мг/л, а в после очистки – 5-11 мг/л;

г) начальная скорость фильтрования на гидроциклонах составила 25 м/ч;

д) с ростом давления эффективность очистки стоков от взвеси в напорных гидроциклонах растет;

е) с ростом противодавления на сливах эффективность работы гидроциклонов снижается;

ж) рост начальной скорости фильтрования снижает эффект очистки от взвеси в гидроциклонно – фильтровальной станции;

з) потери напора в сверхскорых фильтрах равны 10 – 12 м;

и) содержание взвеси в воде с нижнего слива гидроциклонов составило 145 – 168 мг/л.

к) эффективность очистки сточных вод в гидроциклоне ГЦ – 75 составила 49-63 %, в ГЦ – 80 – 59-67%, а в ГЦ – 100 – 61-63 %.

Таблица 3 – Результаты опытов для гидроциклона ГЦ-80

Table 3 – Results of experiments for the HC-80 hydrocyclone

Температура сточной воды, °С	19,7		19,8		20,3		20,2	20,0	20,1
Начальная скорость фильтрования, м/ч	25						30	35	40
Давление:									
4. на входе в гидроциклон	0,4		0,5		0,6		0,4	0,4	0,4
5. на сливах гидроциклона	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
6. на выходе из сверхскорого фильтра	0,1	0,19	0,1	0,19	0,11	0,2	0,1	0,11	0,09
Концентрация взвеси, мг/л:									
5. в исходной воде	76	71	78	80	79	75	76	77	74
6. на верхнем сливе гидроциклона	29	28	26	30	30	31	29	30	29
7. на нижнем сливе гидроциклона	157	149	162	171	168	158	160	165	159
8. в очищенной воде	7	8	7	8	9	10	9	10	11
Э, %	62	61	67	63	62	59	62	61	61
Э _{ст} , %	91	89	91	90	89	87	88	87	85

Таблица 4 – Результаты опытов для гидроциклона ГЦ-100

Table 4 – Results of experiments for the HC-100 hydrocyclone

Температура сточной воды, °С	20		20,2		20,4	
Начальная скорость фильтрования, м/ч	25					
Давление:						
7. на входе в гидроциклон	0,4		0,5		0,6	
8. на сливах гидроциклона	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
9. на выходе из сверхскорого фильтра	0,11	0,2	0,11	0,21	0,1	0,19
Концентрация взвеси, мг/л:						
9. в исходной воде	75	76	70	81	78	72
10. на верхнем сливе гидроциклона	28	30	24	31	25	25
11. на нижнем сливе гидроциклона	159	166	145	172	168	153
12. в очищенной воде	6	7	6	9	5	6
Э, %	63	61	65	62	68	65
Э _{ст.} %	92	90	91	89	94	92

Заключение

На основании экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что представленная гидроциклонно-фильтровальная станция может использоваться для очистки промышленных стоков заводов ЖБИ от взвешенных веществ.

Содержание взвеси в стоках, поступающих на очистку в гидроциклонно – фильтровальную станцию достигает 70 – 81 мг/л, а в после очистки – 5 -11 мг/л, таким образом, содержание взвешенных веществ уменьшается в среднем в 8 раз.

Для эффективной очистки давление на входе в напорные гидроциклоны должно быть в пределах 0,4 МПа, а противодействие на сливах этих аппаратов – не менее 0,2 МПа.

Следует использовать напорные гидроциклоны диаметром 80 мм, т. к. их эффективная работа обеспечивается при более низких энергозатратах.

Использование для очистки стоков от взвешенных веществ АСФС увеличивает производительность установки очистки при снижении ее габаритных размеров по сравнению со схемой очистки «гидроциклон – скорый фильтр».

Литература

1. А.В. Бусарев, Л. Р. Хисамеева, Ю. К. Хайруллина. *Энергоснабжение и водоподготовка*, № 6 (146), С. 16 – 20.
2. *Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика* /Под ред. В.Н. Самохина. М.: Стройиздат, 1981, 69 с.
3. Завьялов С.Н. *Мойка автомобилей. Технология и оборудование*. М.: Транспорт, 1994, 176 с.
4. А.В. Сеньюкович, Н.В. Сидорская. Мат. 72 – й студенческой научной конференции, Минск: Белорусский национальный технический университет, 2016, С. 81-84.
5. Алексеев Л.С. *Основы промышленного водоснабжения и водоотведения*, М.: АСВ, 2013, 360 с.
6. А.В. Бусарев, И. Г. Шешегова, В.О. Степанов. *Известия КГАСУ*, 2018, № 2 (44), С. 193 – 200.
7. А.В. Бусарев, А.С. Селюгин, Ф. Ф. Каюмов. *Современные национальные технологии*, 2016, № 10, С. 229-232
8. Адельшин А. Б. *Известия КГАСУ*, 2009, № 2 (12), С. 217 – 222.
9. Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. *Химический анализ производственных сточных вод*, М.: Химия, 1974, 336 с.
10. Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов, В.И. Калицун. *Примеры расчетов канализационных сооружений*, М.: Альянс, 2008, 255с.

© **А. В. Бусарев** - канд. техн. наук, доцент каф. Водоснабжение и водоотведение (ВВ), Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ), Казань, Россия, sa.789@yandex.ru; **Л. Р. Хисамеева** – ст. преподаватель каф. ВВ, КГАСУ, khisameeva_liliya@mail.ru; **Е. С. Кручинина** – магистр 1 курса КГАСУ, k_e_s_18_18@mail.ru; **Е. Ю. Ермилова** – канд. техн. наук, доцент каф. ВВ, КГАСУ, lizabeta_91@list.ru, **А.С. Зиганшина**– канд. хим. наук, доцент каф. Технологии пластических масс, Казанский национальный исследовательский технологический университет, aygul.ziganshina.89@mail.ru.

© **A. V. Busarev** – PhD (Technical Sci.), Associate professor, department of Water Supply and Sanitation (WSS), Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KSUACE), Kazan, Russia, sa.789@yandex.ru, **L. R. Khisameeva** – Senior Lecturer of the WSS department, KSUACE, khisameeva_liliya@mail.ru; **E. S. Kruchinina** - 1st year Master-student, KSUACE, k_e_s_18_18@mail.ru; **E. Yu. Ermilova** – PhD (Technical Sci.), Associate professor, the WSS department, KSUACE, lizabeta_91@list.ru; **A. S. Ziganshina** – PhD (Chemical Sci.), Associate professor of the department of Plastics Technology, Kazan National Research Technological University, aygul.ziganshina.89@mail.ru .

Дата поступления рукописи в редакцию – 14.04.25.

Дата принятия рукописи в печать – 23.04.25.

References

1. A.V. Busarev, L.R. Khisameeva, Yu.K. Khairullina. *Energy Supply and Water Treatment*, No. 6 (146), pp. 16–20.
2. *Sewerage of populated areas and industrial enterprises: a designer's reference book* / Edited by V.N. Samokhin. Moscow: Stroyizdat, 1981, 69 pp.
3. Zavyalov S.N. *Car washing. Technology and equipment*. Moscow: Transport, 1994, 176 pp.
4. A.V. Senyukovich, N.V. Sidorovskaya. Proceedings of the 72nd Student Scientific Conference, Minsk: Belarusian National Technical University, 2016, pp. 81-84.
5. Alekseev L.S. *Fundamentals of Industrial Water Supply and Wastewater Disposal*, Moscow: ASV, 2013, 360 p.
6. A.V. Busarev, I.G. Shekhegova, V.O. Stepanov. *News of KSUAE*, 2018, No. 2 (44), p. 193–200.
7. A.V. Busarev, A.S. Selyugin, F.F. Kayumov. *Modern National Technologies*, 2016, No. 10, pp. 229–232
8. Adel'shin A. B. *News of KSUAE*, 2009, No. 2 (12), pp. 217–222.
9. Yu. Yu. Lurie, A. I. Rybnikova. *Chemical analysis of industrial wastewater*, Moscow: Chemistry, 1974, 336 pp.
10. Yu. M. Laskov, Y. V. Voronov, V. I. Kalitsun. *Examples of calculations for sewerage structures*, Moscow: Alliance, 2008, 255 pp.